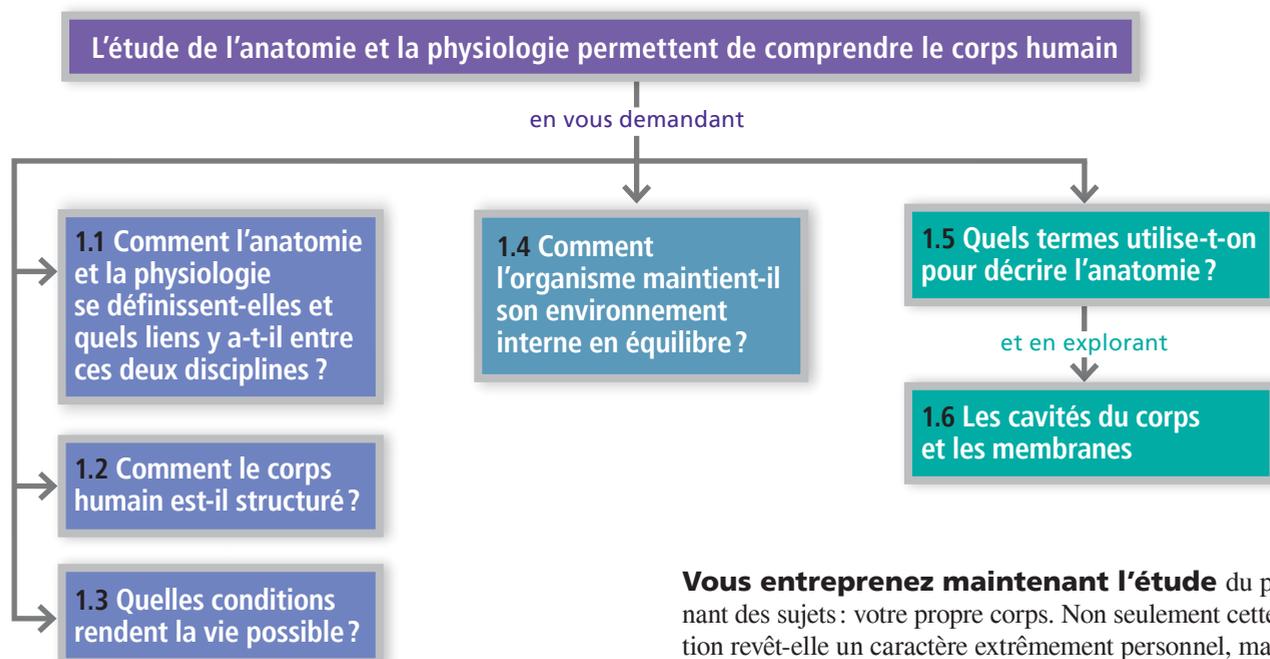


Le corps humain : introduction

Dans ce chapitre, vous découvrirez que



Vous entreprenez maintenant l'étude du plus fascinant des sujets : votre propre corps. Non seulement cette exploration revêt-elle un caractère extrêmement personnel, mais elle est aussi d'une grande actualité. En effet, il ne se passe pratiquement pas une journée sans que les médias annoncent quelque découverte médicale. La connaissance du fonctionnement de l'organisme humain vous aidera notamment à apprécier à leur juste valeur les récentes découvertes en génie génétique, à mieux comprendre les nouvelles méthodes de diagnostic et de traitement des maladies et à profiter pleinement des informations sur la manière de rester en bonne santé. Par ailleurs, l'étude de l'anatomie et de la physiologie permettra à ceux qui se préparent à une carrière dans les sciences de la santé d'acquérir les connaissances fondamentales sur lesquelles ils pourront bâtir leur expérience clinique.

Dans ce chapitre, nous commençons par définir l'anatomie et la physiologie en établissant la distinction entre ces deux domaines ; nous présentons ensuite la structure du corps humain et nous passons en revue les besoins et les processus fonctionnels communs à tous les êtres vivants. Nous expliquons les trois principes fondamentaux qui constituent la base de notre étude du corps humain et qui forment le lien entre tous les sujets traités dans ce manuel, à savoir la relation entre la structure et la fonction, l'organisation structurale et l'homéostasie. Enfin, ce chapitre aborde le vocabulaire de l'anatomie, c'est-à-dire les termes employés par les anatomistes pour décrire l'organisme humain et ses composants.

VOS OUTILS INTERACTIFS

Consultez votre MANUEL NUMÉRIQUE, qui vous donne accès aux **animations**, aux **activités**, à la plateforme d'**anatomie interactive** et aux questions de révision.



1.1 La forme détermine la fonction

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Définir l'anatomie et la physiologie, et décrire leurs spécialités respectives.
- ▶ Expliquer le principe de complémentarité de la structure et de la fonction, et en donner deux exemples.

Les deux disciplines scientifiques complémentaires que sont l'anatomie et la physiologie touchent aux notions fondamentales qui nous permettent de comprendre l'organisme humain. L'**anatomie** est l'étude de la *structure* des parties du corps et des relations qui s'établissent entre elles ; l'aspect concret de l'anatomie lui confère un certain attrait, étant donné qu'on peut observer les structures de l'organisme, les palper et les examiner de près, sans être obligé de les *imaginer*.

La **physiologie** se penche sur la *fonctionnement* des parties du corps, c'est-à-dire sur la façon dont celles-ci jouent leur rôle et contribuent au maintien de la vie. En fin de compte, il n'est possible d'expliquer la physiologie qu'à partir des structures anatomiques sous-jacentes.

Pour simplifier l'étude du corps humain, nous parlerons des structures anatomiques et des valeurs physiologiques (température corporelle, fréquence cardiaque, etc.) en prenant pour modèles un jeune homme (22 ans) en bonne santé pesant environ 70 kg (*l'homme de référence*) ou une jeune femme en bonne santé d'environ 57 kg (*la femme de référence*).

Bien que nous utilisions les mêmes valeurs de référence et un vocabulaire commun pour désigner les positions et les régions du corps humain, vous savez, pour avoir observé les visages et les formes corporelles de milliers d'humains, que leur anatomie externe diffère. Les organes internes présentent cette même variabilité. Ainsi, chez une personne donnée, la position d'un nerf ou d'un vaisseau sanguin peut s'écarter légèrement de la position théorique décrite dans les manuels d'anatomie. Il arrive aussi qu'un petit muscle soit absent. Néanmoins, plus de 90 % des structures présentes dans tout corps humain correspondent aux descriptions des manuels. Les variations anatomiques extrêmes sont rares parce qu'elles sont incompatibles avec la vie.

1.1.1 Spécialités de l'anatomie

L'anatomie est un vaste domaine d'étude dont les nombreuses spécialités pourraient faire l'objet d'un cours complet. L'**anatomie macroscopique** consiste à étudier les structures visibles à l'œil nu, comme le cœur, les poumons et les reins. Le terme « anatomie » (du grec *anatomê*, qui signifie « découpe ») s'applique surtout à l'anatomie macroscopique parce que cette discipline consiste à disséquer (découper) des animaux ou des organes préparés afin de les examiner.

On peut aborder l'anatomie macroscopique sous plusieurs angles.

- En **anatomie régionale**, aussi appelée **anatomie topographique**, on examine simultanément toutes les structures (muscles, os, vaisseaux sanguins, nerfs, etc.) d'une certaine région du corps, par exemple l'abdomen ou la jambe.
- En **anatomie des systèmes**, on étudie séparément l'anatomie de chacun des systèmes de l'organisme : par exemple, l'étude

du système cardiovasculaire comprendrait l'examen du cœur et des vaisseaux sanguins du corps.

- En **anatomie de surface**, on observe les structures internes en relation avec la surface de la peau. Vous y avez recours pour identifier les muscles visibles sous la peau d'un culturiste, tout comme les infirmières pour repérer les vaisseaux sanguins avant de prélever du sang ou de prendre le pouls.

Contrairement à l'anatomie macroscopique, l'**anatomie microscopique** s'intéresse aux structures invisibles à l'œil nu. Dans la plupart des cas, on examine au microscope des coupes extrêmement minces de tissus préalablement colorés et déposés sur une lame. L'anatomie microscopique comprend l'anatomie cellulaire, ou **cytologie**, c'est-à-dire l'étude des cellules, et l'**histologie**, qui porte sur la structure des tissus.

L'**anatomie du développement** suit la transformation structurale de l'organisme qui se déroule tout au long de la vie. L'**embryologie** est une des branches de cette discipline et traite du développement prénatal.

Quelques divisions très spécialisées de l'anatomie s'avèrent extrêmement utiles dans certains domaines, tels que la recherche scientifique et le diagnostic des maladies. Par exemple, l'**anatomie pathologique** (ou anatomopathologie) étudie et analyse les lésions que les maladies causent aux structures de l'organisme, tant au niveau microscopique qu'au niveau macroscopique. L'**anatomie radiologique** consiste à étudier des structures internes au moyen de la radiographie ou des techniques spécialisées de tomographie.

Les anatomistes s'intéressent autant aux molécules qu'aux structures macroscopiques. La **biologie moléculaire** traite notamment de la structure des molécules biologiques, c'est-à-dire des substances chimiques qui entrent dans la constitution des organismes vivants. En principe, la biologie moléculaire appartient à une autre branche de la biologie, mais si on pousse l'étude anatomique au-delà de la cellule, jusqu'au niveau des molécules, on peut considérer qu'elle fait partie du grand domaine de l'anatomie.

1.1.2 Étude de l'anatomie

Parmi les « outils » essentiels à l'étude de l'anatomie, un des plus importants est la connaissance du vocabulaire employé dans ce domaine. Sont également indispensables l'observation, la manipulation et, sur les sujets vivants, la *palpation* (évaluation des caractéristiques de certains organes et recherche d'anomalies ou de formations pathologiques à l'aide des doigts ou des mains) et l'*auscultation* (examen consistant à écouter les bruits des organes avec un stéthoscope). À l'aide d'un exemple, voyons comment on utilise certains de ces outils au cours d'une étude anatomique.

Supposons que vous vous intéressiez aux articulations mobiles. Au laboratoire, vous allez *observer* l'articulation d'un animal et voir comment ses parties sont agencées ; vous pouvez la faire bouger (la *manipuler*) pour déterminer l'amplitude de son mouvement. Puis, à l'aide du *vocabulaire de l'anatomie*, vous nommerez les parties de l'articulation selon la nomenclature en vigueur et vous décrierez les relations qu'elles entretiennent afin que les autres étudiants et le professeur vous comprennent. Pour apprendre ce vocabulaire spécialisé, vous pourrez vous servir du glossaire à la fin de ce manuel.

Vous effectuerez la plupart de vos propres observations à l'œil nu ou au microscope, mais vous devez savoir que de nombreuses techniques médicales très perfectionnées permettent d'examiner soigneusement l'intérieur du corps sans causer de traumatismes. Voyez par exemple le **Gros plan** des pages 19 à 21 où il est question de ces remarquables techniques d'imagerie médicale.

1.1.3 Spécialités de la physiologie

Comme l'anatomie, la physiologie englobe un grand nombre de spécialités dont la plupart portent sur le fonctionnement de systèmes particuliers. Ainsi, la **physiologie rénale** étudie le fonctionnement des reins et la production d'urine, la **neurophysiologie** explique celui du système nerveux et la **physiologie cardiovasculaire** examine le fonctionnement du cœur et des vaisseaux sanguins. Alors que l'anatomie donne une image statique du corps, la physiologie met en évidence la nature dynamique de l'organisme.

En physiologie, on s'intéresse souvent à ce qui se passe au niveau cellulaire ou moléculaire parce que les capacités fonctionnelles du corps dépendent du fonctionnement cellulaire, lequel dépend des réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Il faut donc bien connaître certains principes de chimie. Pour bien comprendre la physiologie, il faut également maîtriser certaines notions de physique pour expliquer notamment les courants électriques, la pression dans les vaisseaux sanguins et le mouvement produit par l'action des muscles sur les os. C'est pourquoi nous présentons au chapitre 2 les principes fondamentaux de la chimie et de la physique sans lesquels on ne pourrait expliquer les notions de physiologie.

1.1.4 Complémentarité de la structure et de la fonction

Bien qu'on puisse étudier séparément l'anatomie et la physiologie, ces deux disciplines scientifiques sont en réalité indissociables, car la fonction reflète toujours la structure. Autrement dit, un organe accomplit uniquement les fonctions que lui permet sa structure. C'est ce qu'on appelle le **principe de complémentarité de la structure et de la fonction**.

Ainsi, les os soutiennent et protègent les organes grâce aux minéraux qu'ils contiennent et qui leur confèrent leur dureté ; le sang ne peut se déplacer dans le cœur que dans un sens parce que cet organe comporte des valves qui empêchent le reflux, et les poumons rendent possibles les échanges gazeux grâce à leurs alvéoles et à leurs parois extrêmement minces. La **figure 1.1**, qui montre que les diverses formes de nos dents correspondent à des fonctions différentes, est un autre exemple de complémentarité. Dans ce manuel, après avoir décrit l'anatomie d'une structure, nous expliquons sa fonction en soulignant les caractéristiques structurales qui la rendent possible.

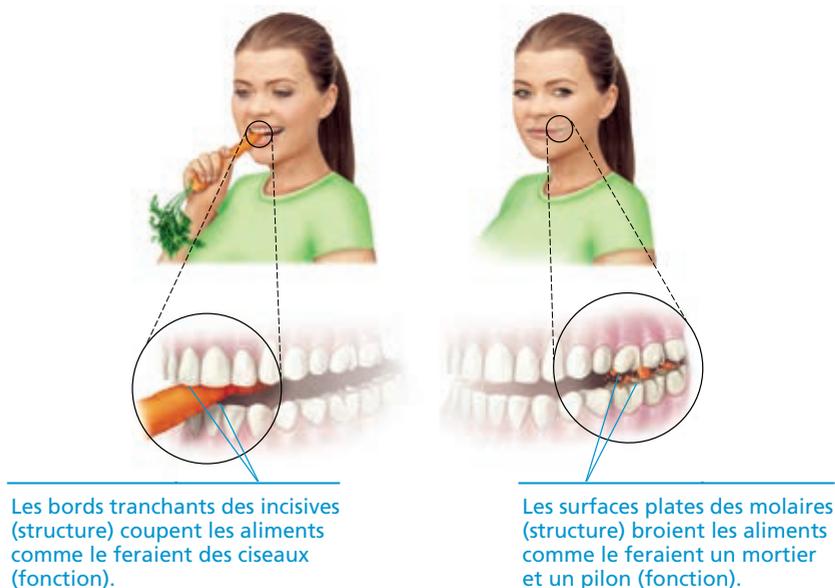


Figure 1.1 La complémentarité de la structure et de la fonction.

Vérifiez vos acquis

1. De quelle manière la physiologie est-elle reliée à l'anatomie ?
2. Si vous vous intéressez au raccourcissement des muscles, devez-vous étudier l'anatomie ou la physiologie ? Et si vous examinez l'emplacement des poumons dans le corps ?
3. **APPLIQUEZ** À l'aide de la liste « Éléments de formation des mots en anatomie et en physiologie » présentée à la toute fin de cet ouvrage, définissez les termes gastrite, leucocyte et néphropathie.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.2 L'organisation du corps va des atomes à l'organisme entier

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Énumérer, du plus simple au plus complexe, les différents niveaux d'organisation structurale du corps humain et expliquer les relations entre ces niveaux.
- ▶ Nommer les 11 systèmes de l'organisme, énumérer leurs composants et expliquer brièvement les principales fonctions de chaque système.

Le corps humain comporte plusieurs niveaux de complexité (**figure 1.2**). Tout au bas de cette organisation hiérarchique se trouve le **niveau chimique**, que nous étudierons au chapitre 2. À ce niveau, de minuscules particules de matière, les *atomes*, se combinent pour former des *molécules* comme l'eau et les protéines. À leur tour, ces molécules s'associent de manière bien spécifique pour façonner les *organites*, qui sont les éléments fondamentaux de la cellule. Les *cellules* sont les plus petites unités des organismes vivants. Nous étudierons le **niveau cellulaire** au chapitre 3. Toutes les cellules ont certaines fonctions en commun, mais elles ont aussi des dimensions et des formes très variées qui reflètent la diversité de leurs fonctions dans l'organisme. Il y aurait plus de 200 types de cellules dans le corps humain.

Les organismes les plus simples ne sont constitués que d'une seule cellule, mais chez les organismes complexes comme les êtres humains, le **niveau tissulaire** est le niveau d'organisation structurale suivant. Les *tissus* sont des groupes de cellules semblables qui remplissent une même fonction. Il existe quatre grands types de tissus chez les humains : le tissu épithélial, le tissu musculaire, le tissu conjonctif et le tissu nerveux.

Chaque type de tissu joue dans l'organisme un rôle particulier que nous expliquons en détail au chapitre 4. En résumé, le tissu épithélial couvre la surface du corps et tapisse ses cavités internes ; le tissu musculaire produit le mouvement ; le tissu conjonctif soutient le corps et protège les organes ; le tissu nerveux permet des communications internes rapides par la transmission d'influx nerveux.

Un *organe* est une structure distincte composée d'au moins deux types de tissus, mais on y rencontre très souvent les quatre grands types. Chaque organe exerce une fonction précise dans l'organisme. Le foie, le cerveau, les vaisseaux sanguins, les muscles squelettiques, les os et la peau sont aussi des organes, même s'ils sont très différents de l'estomac. On peut se

représenter chaque organe comme une structure fonctionnelle spécialisée qui exécute une activité essentielle qu'aucun autre organe ne peut accomplir à sa place.

Au **niveau des organes**, des processus physiologiques extrêmement complexes se déroulent. Par exemple, l'estomac est tapissé d'un épithélium qui sécrète notamment le suc gastrique ; sa paroi est essentiellement formée de tissu musculaire dont le rôle est de pétrir et de mélanger le contenu gastrique (les aliments) ; cette paroi surtout musculaire et molle est renforcée par du tissu conjonctif ; ses fibres nerveuses accélèrent la digestion en stimulant la contraction des muscles et la sécrétion du suc gastrique.

Le niveau d'organisation suivant est le **niveau des systèmes**, chaque *système* étant constitué d'organes qui travaillent de concert pour accomplir une même fonction. Par exemple, le cœur et les vaisseaux sanguins du système cardiovasculaire acheminent continuellement le sang oxygéné contenant des nutriments à toutes les cellules de l'organisme. Outre le système cardiovasculaire, l'organisme comporte les systèmes tégumentaire, squelettique, musculaire, nerveux, endocrinien, respiratoire, digestif, lymphatique, urinaire et génital. (Notez que le système immunitaire est étroitement relié au système lymphatique.) Vous trouverez à la figure 1.4, aux pages 8 et 9, une description de chacun de ces 11 systèmes, que nous présenterons à la prochaine section et que nous étudierons plus en détail de la deuxième à la cinquième partie de ce manuel.

Le dernier niveau d'organisation est celui de l'*organisme*, c'est-à-dire l'être humain vivant. Le **niveau de l'organisme** constitue l'ensemble de tous ces niveaux de complexité travaillant de concert pour assurer le maintien de la vie.

Vérifiez vos acquis

4. Quel niveau d'organisation structurale constitue le domaine d'étude d'un cytologiste ?
5. Classez de la plus simple à la plus complexe les structures suivantes : tissu, organisme, organe, cellule.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.3 Le maintien de la vie dépend de l'accomplissement des fonctions vitales

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Énumérer et décrire brièvement les caractéristiques fonctionnelles nécessaires au maintien de la vie chez les humains.
- ▶ Énumérer les conditions vitales dont dépend le fonctionnement de l'organisme et expliquer sommairement leurs fondements.

1.3.1 Fonctions vitales

Après la description de ces niveaux d'organisation structurale du corps humain, il nous faut maintenant essayer de comprendre le fonctionnement de cet organisme si bien structuré.

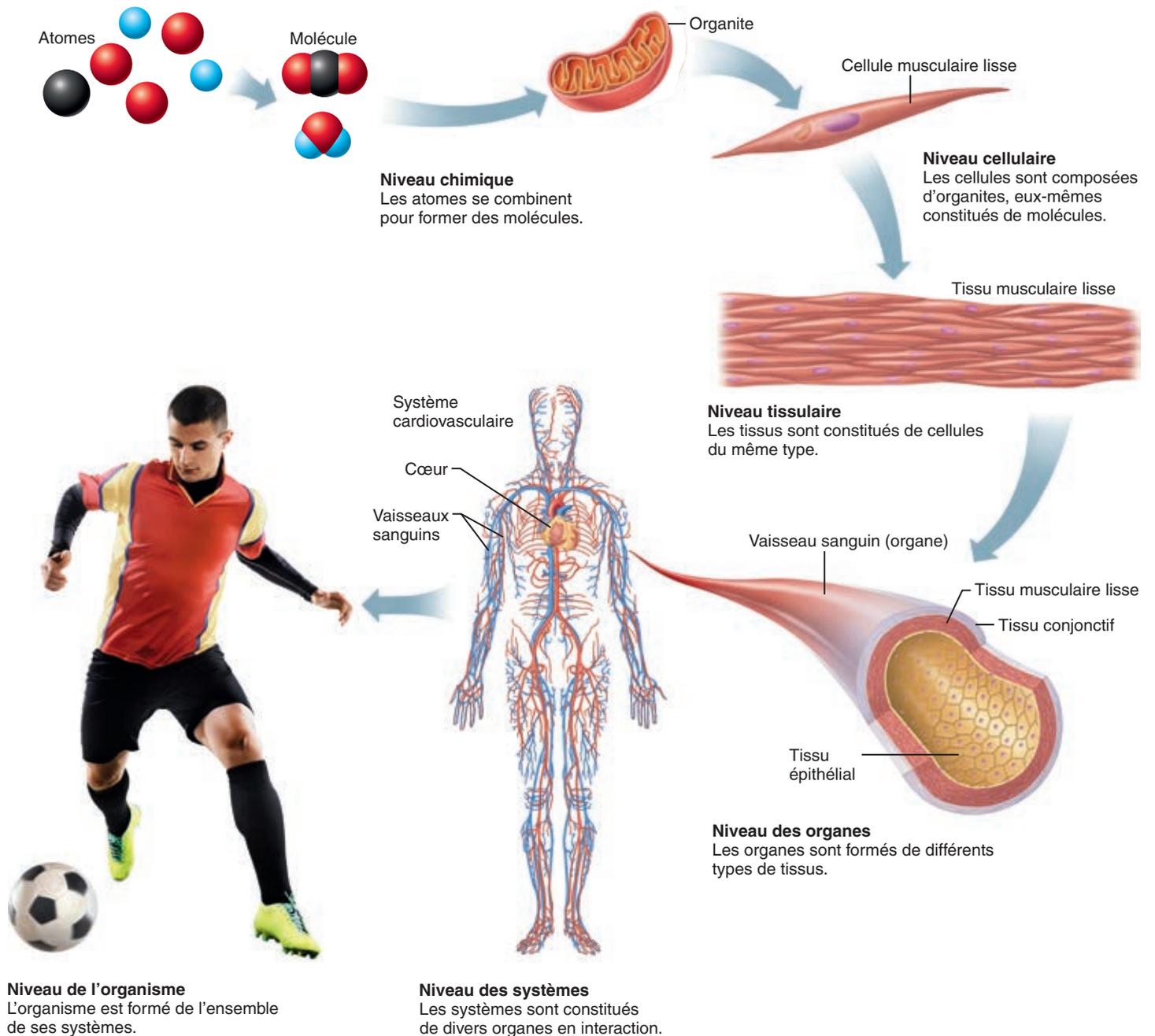


Figure 1.2 Les niveaux d'organisation structurale. Dans ce schéma, les différents niveaux de complexité du corps humain sont illustrés à l'aide du système cardiovasculaire.

Comme tous les animaux complexes, les êtres humains doivent maintenir l'intégrité de leur structure et de leurs fonctions à l'intérieur de certaines limites, bouger, réagir aux changements de leur environnement, ingérer et digérer des aliments, avoir une activité métabolique, éliminer des déchets, se reproduire et croître. Nous traiterons ici brièvement de chacune de ces fonctions vitales, qui sont expliquées en détail dans des chapitres ultérieurs.

Il importe de bien comprendre que toutes les cellules de l'organisme sont interdépendantes, parce que l'être humain est un organisme multicellulaire et que ses fonctions vitales sont distribuées entre plusieurs systèmes différents. Les systèmes

ne travaillent pas de façon indépendante, mais collaborent au bien-être de l'organisme entier. La **figure 1.3** représente schématiquement un certain nombre de systèmes et leurs contributions les plus importantes à divers processus fonctionnels. Par ailleurs, pour mieux comprendre cette section, nous vous invitons à vous reporter aux descriptions des systèmes présentées à la **figure 1.4**, aux pages 8 et 9.

Maintien des limites

Tout organisme vivant doit **maintenir des limites** entre son environnement (milieu externe) et son milieu interne (l'intérieur

Système digestif

Absorbe les nutriments, les dégrade et élimine les matières non absorbées (selles).

Système respiratoire

Absorbe les molécules d'oxygène (O_2) et élimine les molécules de dioxyde de carbone (CO_2).

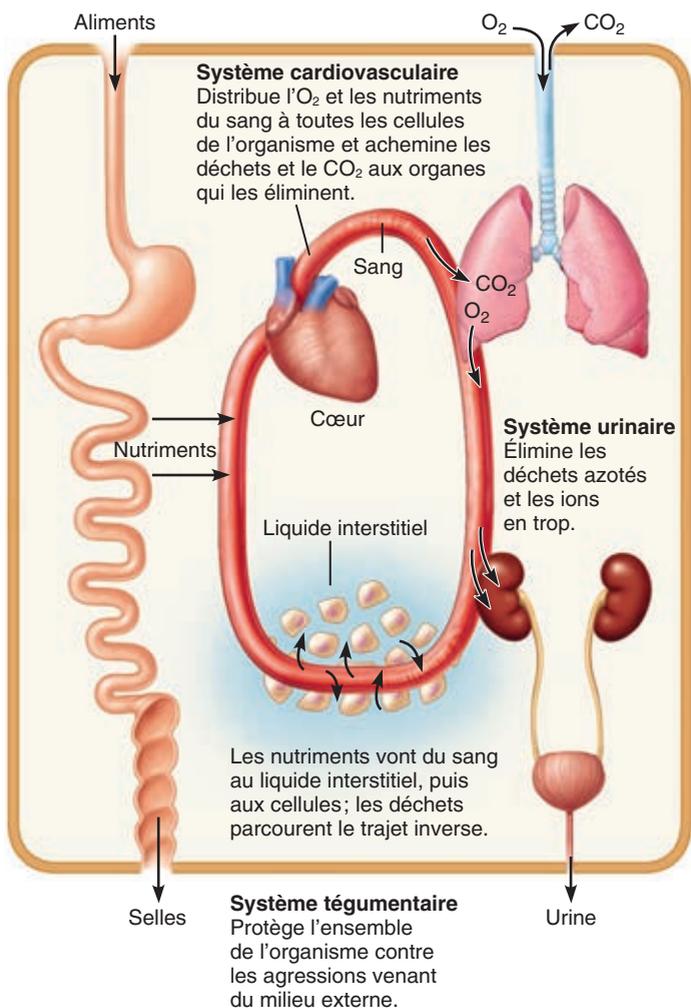


Figure 1.3 Exemples montrant l'interdépendance des systèmes de l'organisme.

de l'organisme). Chez les organismes unicellulaires, cette limite est constituée d'une membrane qui forme une enveloppe et laisse entrer les substances utiles, tout en empêchant le passage des substances inutiles ou nuisibles. De la même façon, toutes les cellules de l'organisme humain sont délimitées par une membrane à perméabilité sélective.

Cette membrane plasmique sépare le *liquide intracellulaire* (à l'intérieur des cellules) du *liquide extracellulaire* (à l'extérieur des cellules). Une partie du liquide extracellulaire se trouve dans les vaisseaux sanguins; c'est le *plasma sanguin*. Une autre partie, appelé *liquide interstitiel*, entoure et baigne toutes nos cellules (figure 1.3).

De plus, l'ensemble de notre corps est recouvert et protégé par le système tégumentaire – la peau – (figure 1.4a), qui prévient le dessèchement des organes internes (ce qui serait fatal), tout en les protégeant contre les agresseurs microbiens et les effets nocifs de la chaleur, des rayons du soleil ainsi que

des innombrables substances chimiques présentes dans l'environnement. Nous étudierons le système tégumentaire au chapitre 5.

Mouvement

Par **mouvement**, on entend toutes les activités permises par le système musculaire comme le déplacement au moyen de la marche, de la course ou de la nage, et les manipulations d'objets dans l'environnement grâce à l'agilité de nos doigts (figure 1.4c). Le système squelettique constitue la charpente sur laquelle sont fixés les muscles squelettiques qui entrent en action (figure 1.4b). La circulation du sang dans le système cardiovasculaire, le déplacement des aliments dans le système digestif et l'écoulement de l'urine dans le système urinaire sont également des mouvements assurés par un autre type de muscles. Au niveau cellulaire, la capacité des cellules musculaires de se raccourcir est appelée **contractilité**. Les chapitres 6 à 10 traiteront des systèmes reliés au mouvement.

Excitabilité

L'**excitabilité** est la faculté de percevoir les changements (stimulus) de l'environnement et d'y réagir de manière adéquate. Par exemple, si on se blesse la main avec un éclat de verre, on a aussitôt un *réflexe de retrait*, c'est-à-dire qu'on éloigne involontairement la main du stimulus douloureux (l'éclat de verre). Il n'est même pas nécessaire d'y penser, le geste est automatique. Un phénomène similaire se produit quand la concentration de CO_2 dans le sang s'élève jusqu'à atteindre un niveau dangereux : des chimiorécepteurs interviennent alors en envoyant des messages aux centres de l'encéphale régissant la respiration, et le rythme respiratoire s'accélère.

Comme les cellules nerveuses sont extrêmement excitables et communiquent rapidement entre elles au moyen d'influx nerveux (aussi appelés *potentiels d'action*), le système nerveux (auquel les chapitres 11 à 14 seront consacrés) joue un rôle déterminant dans l'excitabilité (figure 1.4d). Cependant, toutes les cellules de l'organisme présentent une certaine excitabilité.

Digestion

La **digestion** est le processus de dégradation des aliments en molécules simples capables de passer dans le sang. Le sang chargé de nutriments est ensuite acheminé à toutes les cellules de l'organisme par le système cardiovasculaire. Dans un organisme unicellulaire comme l'amibe, c'est la cellule elle-même qui constitue l'« usine de digestion » ; mais dans un organisme multicellulaire comme le corps humain, le système digestif remplit cette fonction pour l'ensemble de l'organisme (figure 1.4i). Le système digestif fera l'objet du chapitre 23.

Métabolisme

Le terme **métabolisme** (« changement d'état ») englobe toutes les réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Le métabolisme comprend la dégradation de certaines substances en leurs unités constitutives (processus appelé plus précisément *catabolisme*), la synthèse de structures cellulaires plus complexes à partir de matériaux simples (*anabolisme*) ainsi que la production, à partir des nutriments et de l' O_2 (par

la *respiration cellulaire*), des molécules d'ATP qui fournissent l'énergie nécessaire aux activités cellulaires. Le métabolisme (qui sera vu au chapitre 24) dépend des systèmes digestif et respiratoire (dont traite le chapitre 22), puisqu'ils font passer les nutriments et l'O₂ dans le sang, ainsi que du système cardiovasculaire (présenté aux chapitres 17 à 19), qui distribue ces substances indispensables à l'ensemble de l'organisme (figure 1.4i, h et f, respectivement). La régulation du métabolisme est assurée principalement par l'intermédiaire des hormones sécrétées par les glandes du système endocrinien (figure 1.4e), que nous étudierons au chapitre 16.

Excrétion

L'**excrétion** est l'élimination des déchets de l'organisme, ou *excreta*. Pour fonctionner correctement, le corps doit se débarrasser des substances inutiles, comme les résidus de la digestion, ou même potentiellement toxiques, comme des sous-produits du métabolisme.

Plusieurs systèmes participent à la fonction d'excrétion. Par exemple, les résidus de nourriture non digérés sont rejetés par le système digestif sous forme de selles ; quant au système urinaire (objet du chapitre 25), il élimine dans l'urine les déchets métaboliques azotés tels que l'urée (figure 1.4i et j). Le CO₂, un sous-produit de la respiration cellulaire, est transporté par le sang jusqu'aux poumons et expulsé avec l'air expiré (figure 1.4h).

Reproduction

La **reproduction** s'effectue au niveau cellulaire et au niveau de l'organisme. La reproduction des cellules se fait par division cellulaire (mitose), une cellule originale produisant deux cellules filles identiques pour assurer la croissance ou la guérison d'une lésion. La reproduction de l'organisme humain, c'est-à-dire la génération d'un nouvel être humain, est la principale fonction du système génital. Lorsqu'un spermatozoïde s'unit à un ovocyte, l'embryon ainsi formé se développe à l'intérieur de l'organisme maternel jusqu'à la naissance d'un bébé. Le système génital (étudié au chapitre 27) est directement responsable de la reproduction, mais son fonctionnement est réglé de façon très fine par les hormones du système endocrinien (figure 1.4e).

Comme les hommes produisent des spermatozoïdes et les femmes des ovocytes, le processus de reproduction donne lieu à une « division du travail », et les organes génitaux de chaque sexe sont très différents (figure 1.4k et l). En outre, le site de la fécondation des ovocytes par les spermatozoïdes se trouve dans les structures reproductrices de la femme, où le fœtus en cours de développement est protégé et nourri jusqu'à sa naissance. Le chapitre 28 traite de la grossesse et des premières étapes du développement.

Croissance

La **croissance** est l'augmentation de volume d'une partie du corps ou de l'organisme entier, habituellement par la multiplication des cellules. Notons toutefois que les cellules grossissent aussi lorsqu'elles ne sont pas en train de se diviser. Pour qu'une véritable croissance se produise, il faut que le rythme des

activités anaboliques (de synthèse) dépasse celui des activités cataboliques (de dégradation).

1.3.2 Conditions vitales

Tous les systèmes de l'organisme participent d'une façon ou d'une autre au maintien de la vie. Cependant, la vie est extraordinairement fragile et plusieurs facteurs lui sont nécessaires. Ces **conditions vitales** sont une quantité suffisante de nutriments, d'O₂ et d'eau ainsi qu'une température et une pression atmosphérique adéquates.

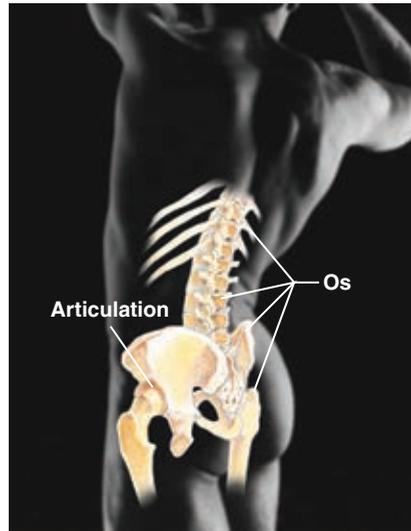
- **Les nutriments.** Les **nutriments** proviennent de l'alimentation et contiennent les substances chimiques nécessaires à la production de l'énergie ou à la construction des cellules. La plupart des aliments d'origine végétale sont riches en glucides, en vitamines et en minéraux, alors que la plupart des aliments d'origine animale sont riches en protéines et en lipides. Nous aborderons certains concepts de nutrition au début du chapitre 24.

Les glucides sont la principale source d'énergie des cellules. Les protéines et, dans une moindre mesure, les lipides sont essentiels à l'élaboration des structures de la cellule. Les lipides protègent également les organes, forment des couches isolantes et constituent une réserve d'énergie. Plusieurs vitamines et minéraux sont indispensables au transport de l'O₂ dans le sang et aux réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Ainsi, le calcium, un minéral, confère aux os leur dureté ; il joue également un rôle essentiel dans la coagulation du sang.

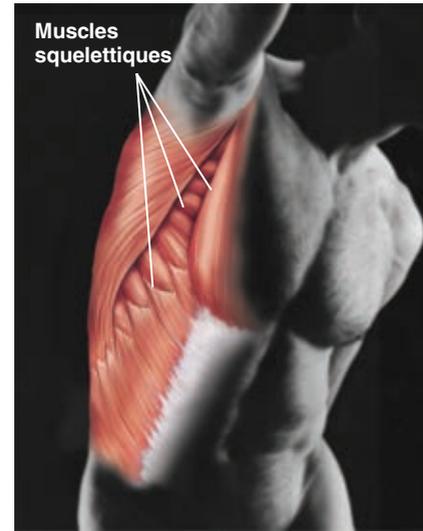
- **Les molécules d'oxygène (O₂).** Tous les nutriments du monde seraient inutiles sans **oxygène**. En effet, les cellules ne peuvent survivre que quelques minutes sans O₂, car en son absence, les *réactions oxydatives* ne peuvent se produire et tirer assez d'énergie des nutriments. L'O₂ représente 20 % de l'air que nous respirons. Il pénètre dans le sang et atteint les cellules grâce au travail conjoint du système respiratoire et du système cardiovasculaire. Nous verrons de façon détaillée l'utilisation de l'O₂ et des nutriments par les cellules, ainsi que l'ensemble des réactions métaboliques, au chapitre 24.
- **L'eau.** L'eau compte pour 60 à 80 % de la masse corporelle ; c'est la substance chimique la plus abondante de l'organisme. Elle constitue à la fois le milieu liquide nécessaire aux réactions chimiques et la substance de base des sécrétions et des excréments. L'organisme tire l'eau des aliments et des liquides ingérés, et il la perd par évaporation au niveau des poumons et de la peau, ainsi que par les excréments. L'équilibre entre les entrées et les sorties d'eau est primordial pour l'organisme. Il en sera question de façon détaillée au chapitre 26.
- **La température corporelle.** Les réactions chimiques ne peuvent se produire à un rythme suffisant pour maintenir l'organisme en vie que si la **température corporelle** est normale. Tout abaissement de la température au-dessous de 37 °C entraîne un ralentissement progressif des réactions métaboliques puis, finalement, leur arrêt. Si la température est excessive, les réactions chimiques s'enchaînent à un rythme effréné ; les protéines de l'organisme perdent leur



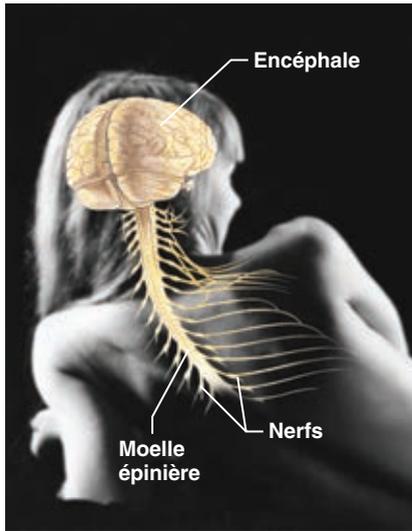
(a) Système tégumentaire
 Forme l'enveloppe externe de l'organisme; protège les tissus plus profonds contre les lésions (blessures et infections); synthétise la vitamine D; contient les récepteurs cutanés (douleur, pression, etc.) ainsi que les glandes sudoripares (régulation de la température corporelle) et sébacées.



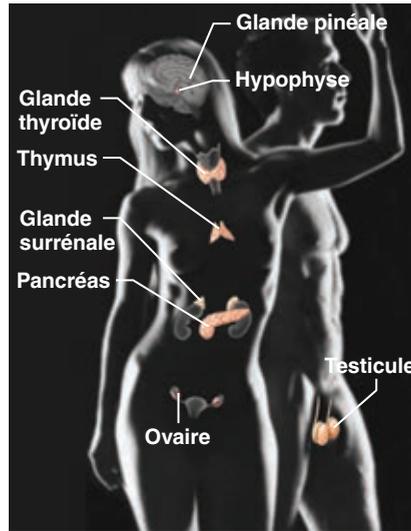
(b) Système squelettique
 Protège et soutient les autres organes; constitue une charpente sur laquelle les muscles agissent pour produire le mouvement; fabrique les cellules sanguines dans la moelle des os; constitue une réserve de minéraux.



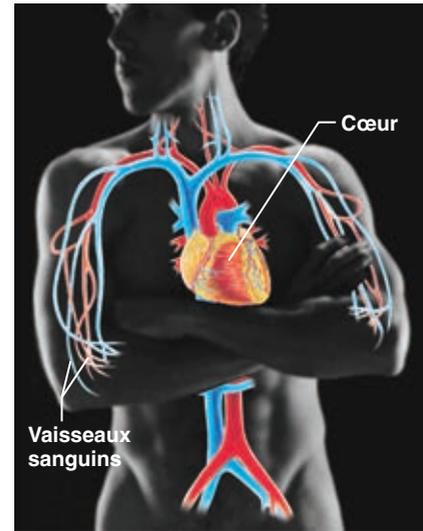
(c) Système musculaire
 Permet les manipulations d'objets dans l'environnement, la locomotion, l'expression faciale, le maintien de la posture; produit de la chaleur.



(d) Système nerveux
 Système de régulation rapide de l'organisme; perçoit les stimulus, analyse les informations et réagit instantanément aux changements internes et externes en activant les glandes et les muscles appropriés.

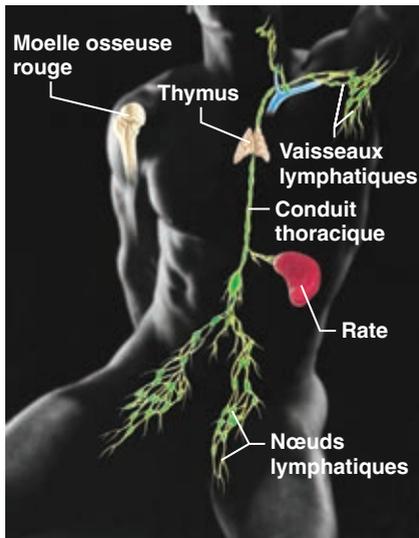


(e) Système endocrinien
 Glandes qui sécrètent des hormones réglant divers processus, comme la croissance, la reproduction et l'utilisation des nutriments par les cellules (métabolisme).



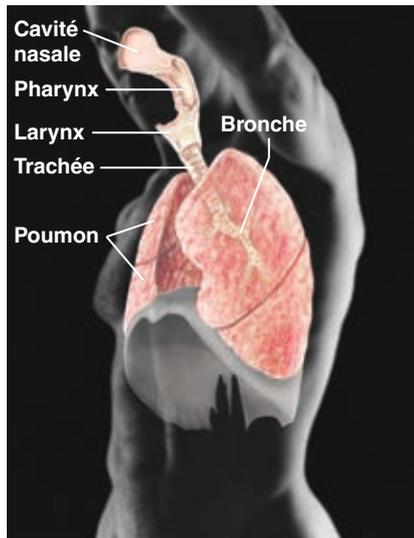
(f) Système cardiovasculaire
 Les vaisseaux sanguins transportent le sang qui contient de l'O₂, du CO₂ des nutriments, des déchets, etc.; le cœur fait circuler le sang en agissant comme une pompe.

Figure 1.4 Systèmes de l'organisme et leurs principales fonctions.



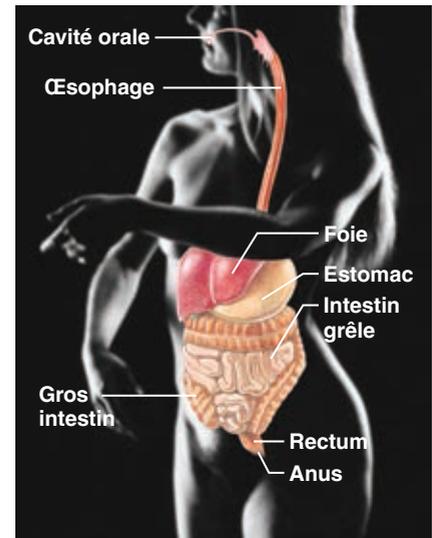
(g) Système lymphatique et immunitaire

Recueille les liquides qui s'échappent des vaisseaux sanguins et les réachemine vers le sang; élimine les déchets de la lymphe grâce aux nœuds lymphatiques; contient les globules blancs (leucocytes) qui interviennent dans l'immunité. Les cellules immunitaires s'attaquent aux substances étrangères présentes dans l'organisme.



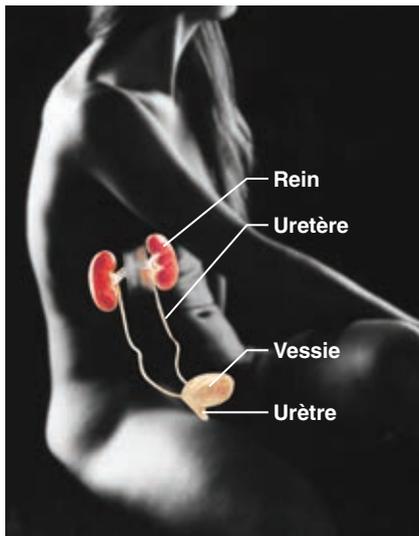
(h) Système respiratoire

Assure en permanence l'oxygénation du sang et l'élimination du CO₂ qu'il contient; les échanges gazeux se produisent à travers les parois des alvéoles pulmonaires.



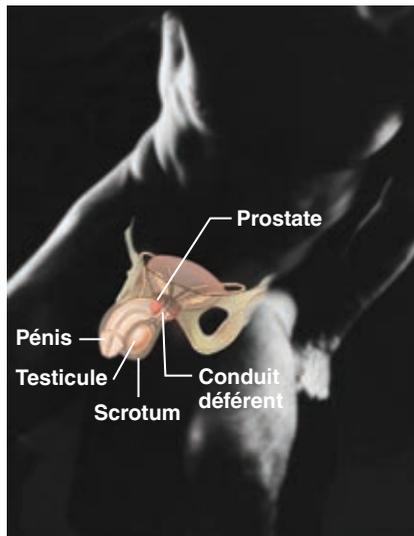
(i) Système digestif

Dégrade les aliments en nutriments absorbables qui passent dans le sang pour être distribués aux cellules; les substances non digérées sont rejetées sous forme de selles.



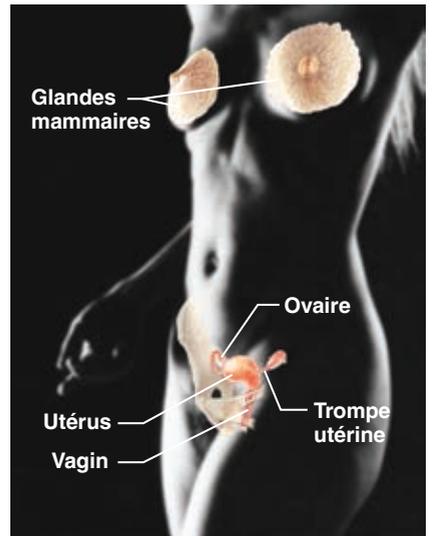
(j) Système urinaire

Élimine du corps les déchets azotés; règle l'équilibre hydrique, électrolytique et acidobasique du sang.



(k) Système génital de l'homme

Les systèmes génitaux assurent la reproduction. Les testicules produisent les spermatozoïdes et l'hormone sexuelle mâle; les conduits et les glandes permettent de déposer les spermatozoïdes dans les voies génitales de la femme. Les ovaires produisent les ovocytes et les hormones sexuelles femelles; les autres organes sont le siège de la fécondation et du développement du fœtus. Les glandes mammaires situées dans les seins produisent du lait servant à nourrir le nouveau-né.



(l) Système génital de la femme

Figure 1.4 (suite)

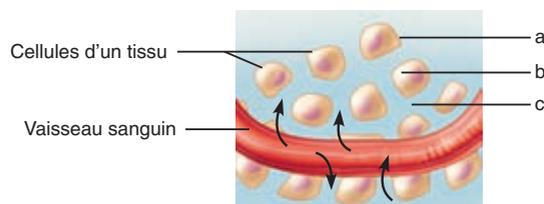
forme caractéristique et cessent d'être fonctionnelles. Les températures extrêmes, qu'elles soient trop basses ou trop élevées, sont mortelles. La majeure partie de la chaleur du corps est produite par le système musculaire. Une section du chapitre 24 sera consacrée à la thermorégulation.

- **La pression atmosphérique.** La **pression atmosphérique** est la force exercée par l'air sur la surface du corps. La respiration et les échanges gazeux dans les poumons nécessitent une pression atmosphérique *appropriée*. (Au chapitre 22, nous expliquerons les principes des échanges gazeux.) En altitude, là où la densité de l'air et la pression atmosphérique sont plus faibles, l'apport en O₂ est parfois insuffisant pour que le métabolisme cellulaire puisse se maintenir à un rythme satisfaisant.

Pour assurer la survie, non seulement les facteurs décrits précédemment doivent-ils exister, mais ils doivent être présents en quantité *appropriée*; les excès peuvent être tout aussi néfastes que les insuffisances. Nous avons mentionné les effets des températures extrêmes. L'O₂ est essentiel, mais son excès est toxique pour les cellules. De même, nous devons consommer des aliments de bonne qualité et en quantité adéquate afin d'éviter les troubles nutritionnels, l'obésité ou l'inanition. Ajoutons que les facteurs énumérés ici sont capitaux, mais qu'ils sont loin de représenter l'ensemble des facteurs qui contribuent à une bonne qualité de vie. Par exemple, si c'est nécessaire, nous pouvons vivre en l'absence de gravité, mais notre qualité de vie s'en ressent.

Vérifiez vos acquis

6. Qu'est-ce qui distingue les organismes vivants des objets inertes ?
7. Quel nom donne-t-on à l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent dans les cellules ?
8. Le schéma ci-dessous montre des cellules d'un tissu et une portion de vaisseau sanguin. Les nutriments et les déchets cellulaires s'échangent à travers une frontière importante qui sépare deux compartiments remplis de liquide. Nommez (a) cette frontière puis, pour (b) et (c), nommez le liquide contenu dans chacun des compartiments. Soyez précis.



Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.4 L'homéostasie se maintient par la rétro-inhibition

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Définir l'homéostasie et expliquer son importance pour l'organisme.
- ▶ Nommer les trois éléments de base de tout mécanisme homéostatique et décrire la fonction de chacun.

- ▶ Expliquer la contribution de la rétro-inhibition et de la rétroactivation au maintien de l'homéostasie de l'organisme.
- ▶ Donner un exemple du déroulement de chacun de ces deux types de mécanismes.
- ▶ Définir la relation entre les déséquilibres homéostatiques et la maladie.

Notre corps est constitué de millions de millions de cellules presque toujours en activité; le fait qu'il éprouve si peu de problèmes de fonctionnement ne peut que nous émerveiller. Au début du xx^e siècle, le physiologiste américain Walter Cannon parlait de la «sagesse du corps»; il a créé le mot **homéostasie** pour décrire la capacité de l'organisme de maintenir relativement stable son milieu interne malgré les fluctuations constantes de l'environnement.

Même si l'étymologie du terme fait référence à un état stable, l'homéostasie ne désigne pas un état statique ou sans changement. Il s'agit plutôt d'un état d'équilibre *dynamique* dans lequel les conditions internes varient, mais toujours à l'intérieur de limites relativement étroites. En général, on considère que l'homéostasie se maintient quand les conditions vitales de l'organisme sont remplies et que l'organisme fonctionne bien.

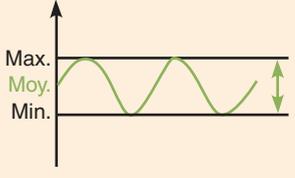
Le maintien de l'homéostasie est un processus plus complexe qu'on ne le croirait de prime abord. En effet, presque tous les systèmes contribuent à stabiliser le milieu interne. Non seulement l'organisme doit-il maintenir à tout moment une concentration adéquate de nutriments dans le sang, mais il doit également surveiller et ajuster sans arrêt l'activité cardiaque et la pression artérielle afin que le sang puisse être acheminé à tous les tissus. En même temps, il doit éviter l'accumulation des déchets et réguler la température corporelle avec précision. De nombreux processus chimiques, thermiques et neurologiques agissent et interagissent de façon complexe dans l'organisme, certains ayant tendance à le rapprocher, d'autres à l'éloigner de son objectif ultime, qui est l'homéostasie.

1.4.1 Mécanismes de régulation de l'homéostasie

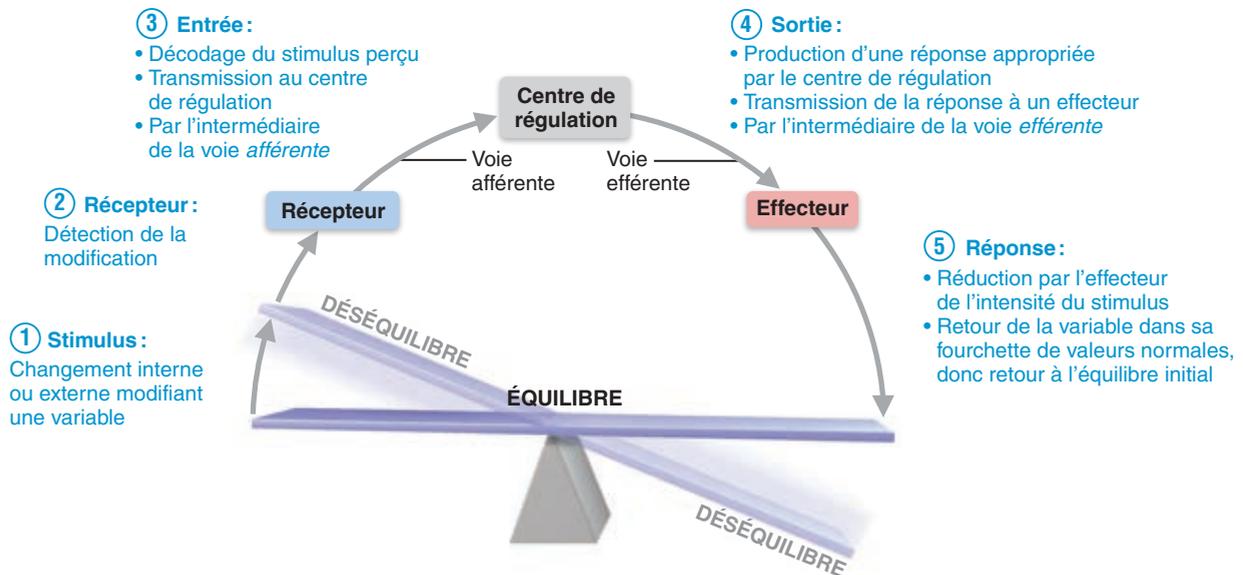
La communication entre les différentes parties de l'organisme est essentielle à l'homéostasie. Le système nerveux et le système endocrinien captent et transmettent la majorité des informations nécessaires au maintien de l'équilibre. Le premier produit des potentiels d'action transmis par les nerfs, tandis que le second élabore des hormones, que transporte le sang. Nous étudierons en détail le fonctionnement de ces deux grands systèmes de régulation dans des chapitres ultérieurs, mais nous décrivons ici les caractéristiques fondamentales des systèmes de régulation de l'homéostasie.

Quel que soit le facteur contrôlé, appelé **variable**, tous les mécanismes de régulation comportent au moins trois éléments interdépendants (**figure 1.5**).

- Le premier, le **récepteur**, est essentiellement un capteur dont le rôle consiste à surveiller l'environnement et à réagir aux changements, ou *stimulus*, en envoyant des informations (entrée) au second élément, qui est le *centre de régulation*. Ces informations d'entrée vont du récepteur au centre de régulation en suivant la *voie afférente*.

Variables internes (Facteurs contrôlés)	Représentation schématique de l'homéostasie	Stimulus internes ou externes	Facteurs influant sur les valeurs normales
Exemples Température corporelle Glycémie Pression artérielle Concentration sanguine de différents ions Gaz sanguins artériels (rapport O ₂ /CO ₂)	Équilibre dans une fourchette de valeurs normales (minimales à maximales) 	Exemples Manque d'O ₂ (hypoxémie) Hausse ou baisse de la température corporelle Faim ou soif Excès ou manque de sels minéraux Blessure Stress	Exemples Âge Sexe Héritéité Sédentarité Habitudes de vie Problèmes de santé préexistants

(a) Paramètres de l'homéostasie : variables internes dont les valeurs normales fluctuent selon les stimulus reçus par l'organisme.



(b) La communication entre les éléments d'un mécanisme de régulation permet de maintenir la stabilité d'une variable interne dont la valeur a été modifiée.

Figure 1.5 Régulation de l'homéostasie.

- Le **centre de régulation**, qui fixe la *valeur de référence*, soit le niveau ou l'écart (ou la série de niveaux ou d'écarts) où la variable doit être maintenue, analyse les données qu'il reçoit et détermine la réaction appropriée. L'information (sortie) quitte alors le centre de régulation pour se déplacer vers le troisième élément, l'*effecteur*, en suivant la *voie efférente*. Pour ne pas confondre les termes «*afférent*» et «*efférent*», rappelez-vous que l'information transportée par la voie *afférente* s'*approche* du centre de régulation, tandis que l'information propagée par la voie *efférente* s'*éloigne*. (Pour bien mémoriser cette notion, il vous suffit d'associer la première lettre des deux mots.)
- L'**effecteur** est le moyen par lequel le centre de régulation met en œuvre la réponse (sortie) au stimulus. La réponse produit alors une *rétroaction* qui agit sur le stimulus ; elle peut avoir pour effet de le réduire, de sorte que tout le mécanisme de régulation cesse son activité, ou de le renforcer afin d'amplifier la réaction.

Mécanismes de rétro-inhibition

La majorité des mécanismes de régulation de l'homéostasie sont des **mécanismes de rétro-inhibition**, c'est-à-dire des systèmes dont la réponse met fin au stimulus de départ ou réduit son intensité. La valeur de la variable change donc dans une direction *opposée* au changement initial et revient à une valeur «*idéale*».

Pour illustrer ce principe, prenons l'exemple d'un système de rétro-inhibition non biologique : un appareil de chauffage relié à un thermostat. Celui-ci contient à la fois le récepteur et le centre de régulation. S'il est réglé à 20 °C, le thermostat met l'appareil de chauffage (l'effecteur) en marche dès que la température de la pièce descend sous cette valeur. L'appareil réchauffe alors l'air ambiant ; lorsque la température atteint 20 °C ou un peu plus, le thermostat arrête l'appareil de chauffage. Le cycle «*marche*» et «*arrêt*» ainsi créé permet de conserver dans la pièce une température assez proche de la valeur désirée, soit 20 °C. Le «*thermostat*» de votre corps, situé dans une partie de l'encéphale appelée hypothalamus, fonctionne un peu de la même façon (**figure 1.6**).

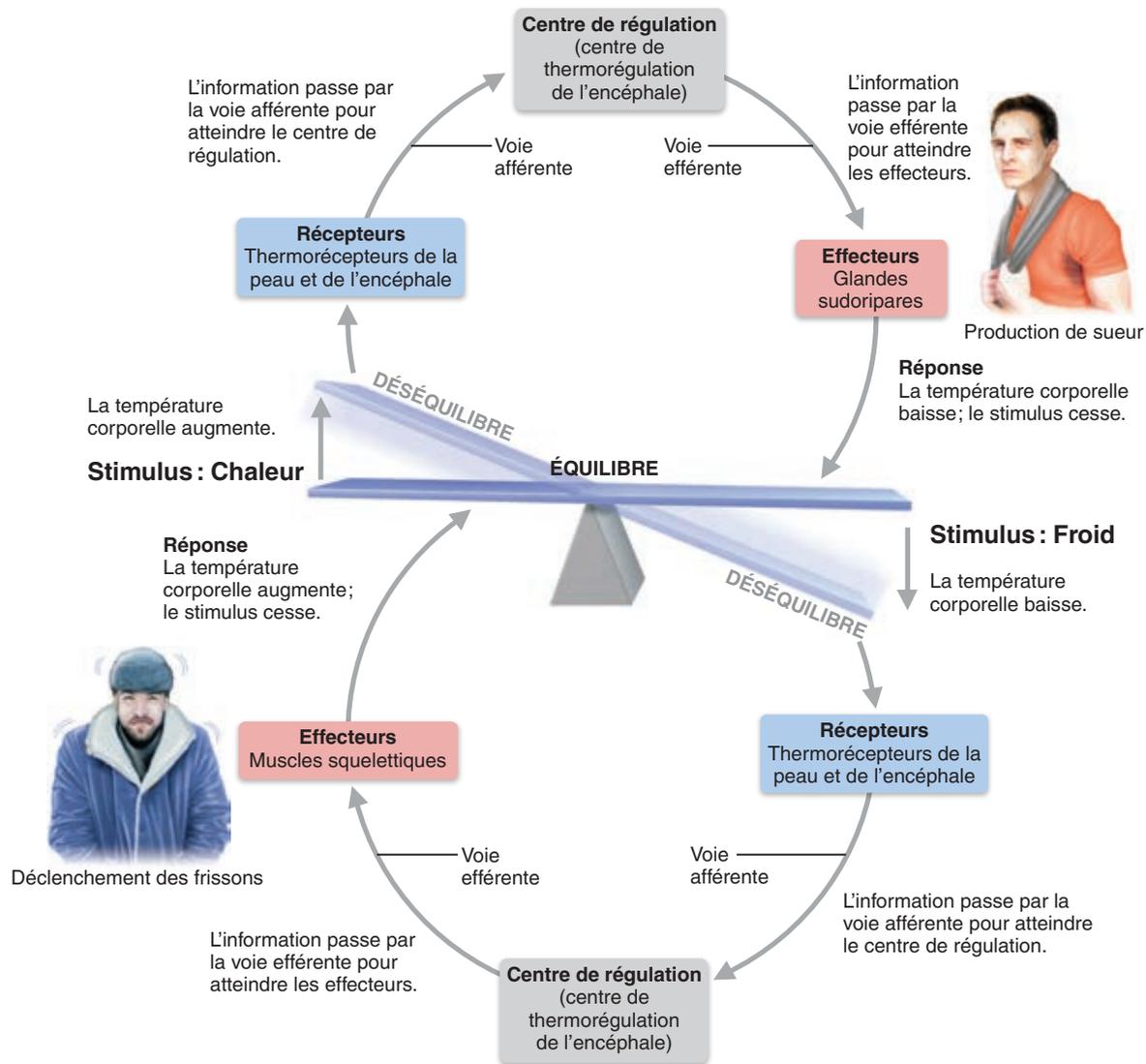


Figure 1.6 Régulation de la température corporelle par un mécanisme de rétro-inhibition.

La régulation de la température corporelle est une des nombreuses voies par lesquelles le système nerveux assure la stabilité du milieu interne. Le réflexe de retrait que nous avons cité comme exemple d'excitabilité est un mécanisme de régulation nerveux qui assure un retrait rapide de la main en présence d'un stimulus douloureux comme le contact avec un éclat de verre.

Le système endocrinien joue également un rôle important dans le maintien de l'homéostasie. La régulation du glucose sanguin (glycémie) par l'insuline est un bon exemple de mécanisme de rétro-inhibition hormonal. Quand la concentration sanguine de glucose augmente, des récepteurs de l'organisme captent ce changement, et le pancréas (le centre de régulation) stimule la libération d'insuline dans le sang. Cette modification déclenche à son tour la réabsorption d'une plus grande quantité de glucose par les cellules, de sorte que la glycémie baisse. La diminution de la glycémie met alors fin au stimulus qui avait déclenché la libération d'insuline.

La capacité de l'organisme de régulariser son milieu interne revêt une importance capitale, et tous les mécanismes de

rétro-inhibition contribuent par leur action à éviter les changements soudains et majeurs au sein de l'organisme. La température corporelle et la glycémie ne sont que deux exemples des variables qui sont ajustées de cette façon, mais il en existe des centaines ! D'autres mécanismes de rétro-inhibition règlent le rythme cardiaque, la pression artérielle, la fréquence et l'amplitude respiratoires ainsi que les concentrations d'O₂, de CO₂ et de minéraux dans le sang. Penchons-nous maintenant sur l'autre groupe de mécanismes de régulation par rétroaction, soit les mécanismes de rétroactivation.

Mécanismes de rétroactivation

Dans les **mécanismes de rétroactivation**, la réponse initiale amplifie le stimulus de départ, de sorte que la réponse qui suit se renforce. Il s'agit bien d'une « activation » parce que le changement produit va dans la *même* direction que la fluctuation initiale, de sorte que la variable s'éloigne de plus en plus de sa valeur ou de son intervalle de valeurs de départ.

Contrairement aux mécanismes de rétro-inhibition, qui règlent une fonction physiologique autour d'une valeur précise

ou qui maintiennent la concentration des composants sanguins dans une fourchette très étroite, les mécanismes de rétroactivation régissent habituellement des phénomènes peu fréquents qui ne nécessitent pas d'ajustements continus. En général, ils déclenchent une série d'événements qui peuvent s'autoentretenir : une fois mis en route, ils font boule de neige. En d'autres mots, ils vont en s'amplifiant. C'est pourquoi on dit souvent qu'ils se déroulent *en cascade*. Parmi les processus physiologiques bien connus qui font intervenir de tels mécanismes, mentionnons les deux exemples suivants : l'augmentation de la force et de la fréquence des contractions du muscle utérin au cours de l'accouchement, et l'hémostase (ou l'arrêt du saignement).

Nous expliquerons en détail au chapitre 28 le mécanisme de rétroactivation par lequel l'ocytocine, une hormone hypothalamique, rend plus intenses les contractions utérines pendant l'accouchement (voir la figure 28.17, p. 1285). Retenons pour l'instant que l'ocytocine provoque des contractions de plus en plus fréquentes et de plus en plus vigoureuses, ce qui entraîne la libération d'une plus grande quantité d'ocytocine et l'accroissement du nombre de contractions jusqu'à ce que l'accouchement soit terminé. À ce moment-là, le stimulus qui a engendré la libération d'ocytocine disparaît, ce qui met fin au mécanisme de rétroactivation.

Les réactions de l'hémostase, que nous expliquerons en détail au chapitre 17, se produisent normalement peu après la rupture de la paroi d'un vaisseau sanguin, et ce mécanisme complexe offre d'excellents exemples de régulation par rétroactivation portant sur une fonction organique importante. En gros, lorsqu'un vaisseau sanguin est endommagé, des fragments de cellules sanguines appelées plaquettes (ou thrombocytes) s'agglutinent immédiatement sur le site de la blessure et libèrent des substances chimiques qui attirent d'autres plaquettes. L'accumulation de plus en plus rapide de ces éléments sanguins obstrue temporairement la lésion (**figure 1.7**).

La formation du bouchon temporaire (appelé *clou plaquettaire*) met un frein au mécanisme de rétroactivation qui a produit l'accumulation des plaquettes, mais il amorce une autre série de réactions en cascade qui mèneront à la formation du caillot. Ces dernières réactions, qui provoqueront la coagulation du sang, représentent aussi des exemples de rétroactivation. Comme ce type de réaction risque de devenir incontrôlable, les mécanismes de rétroactivation n'assurent habituellement pas le maintien de l'homéostasie de l'organisme. Cependant, les effets de certains mécanismes de rétroactivation, dont la coagulation, se limitent à des parties spécifiques de l'organisme. Par exemple, la formation du caillot est accélérée dans les vaisseaux endommagés, mais elle ne s'étend habituellement pas à l'ensemble de la circulation.

1.4.2 Déséquilibre homéostatique

L'importance de l'homéostasie est telle que l'on considère que la plupart des maladies sont causées par un **déséquilibre homéostatique**, c'est-à-dire par une perturbation de l'homéostasie. Lorsque nous avançons en âge, nos organes et nos mécanismes de régulation deviennent de moins en moins efficaces et notre milieu interne devient de plus en plus instable, ce qui crée un risque croissant de maladie et entraîne les modifications inhérentes au vieillissement.

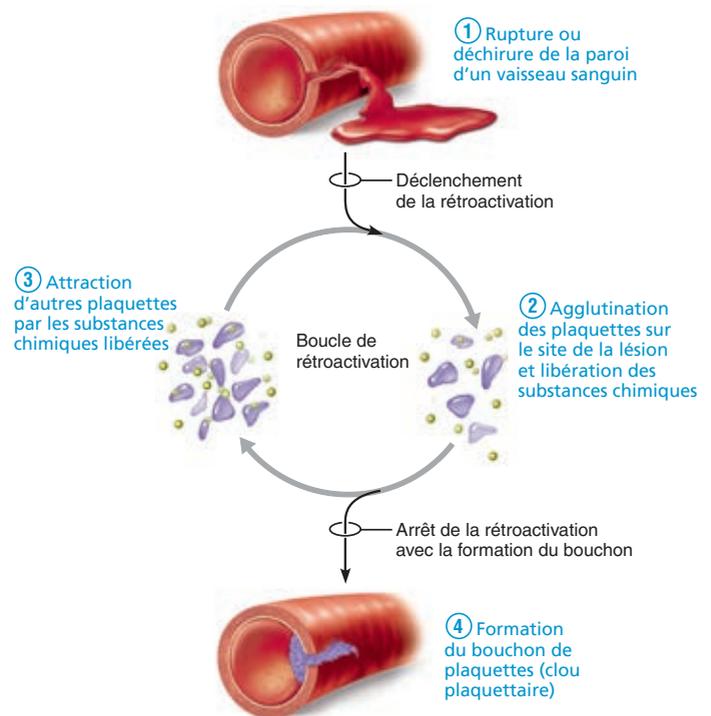


Figure 1.7 Description sommaire du mécanisme de rétroactivation qui régisse la formation d'un bouchon de plaquettes (clou plaquettaire).

On trouve également de nombreux exemples de déséquilibre homéostatique lorsque les mécanismes normaux de rétroinhibition ne sont plus en mesure de jouer leur rôle ou lorsque les mécanismes destructeurs de rétroactivation ne sont plus contrôlés. Ce phénomène peut se manifester dans certains types de crises cardiaques, par exemple.

Tout au long de cet ouvrage, vous trouverez des exemples de déséquilibres homéostatiques qui vous permettront de mieux comprendre les mécanismes physiologiques normaux. Les paragraphes décrivant des déséquilibres homéostatiques commencent par le symbole  pour indiquer qu'on y explique un état anormal. Le **Zoom 1.1** résume les mécanismes de régulation de l'homéostasie par l'intermédiaire de deux exemples.

Vérifiez vos acquis

- Quel processus vous permet de vous adapter dans un environnement extrêmement chaud ou froid ?
- Pourquoi le mécanisme de régulation illustré à la figure 1.7 est-il qualifié de mécanisme de rétroactivation ? Quel événement y met fin ?
- APPLIQUEZ** Quand une personne commence à être déshydratée, elle ressent la soif, ce qui l'incite à boire. Ce phénomène fait-il partie d'un mécanisme de rétroactivation ou de rétro-inhibition ? Expliquez votre réponse.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.

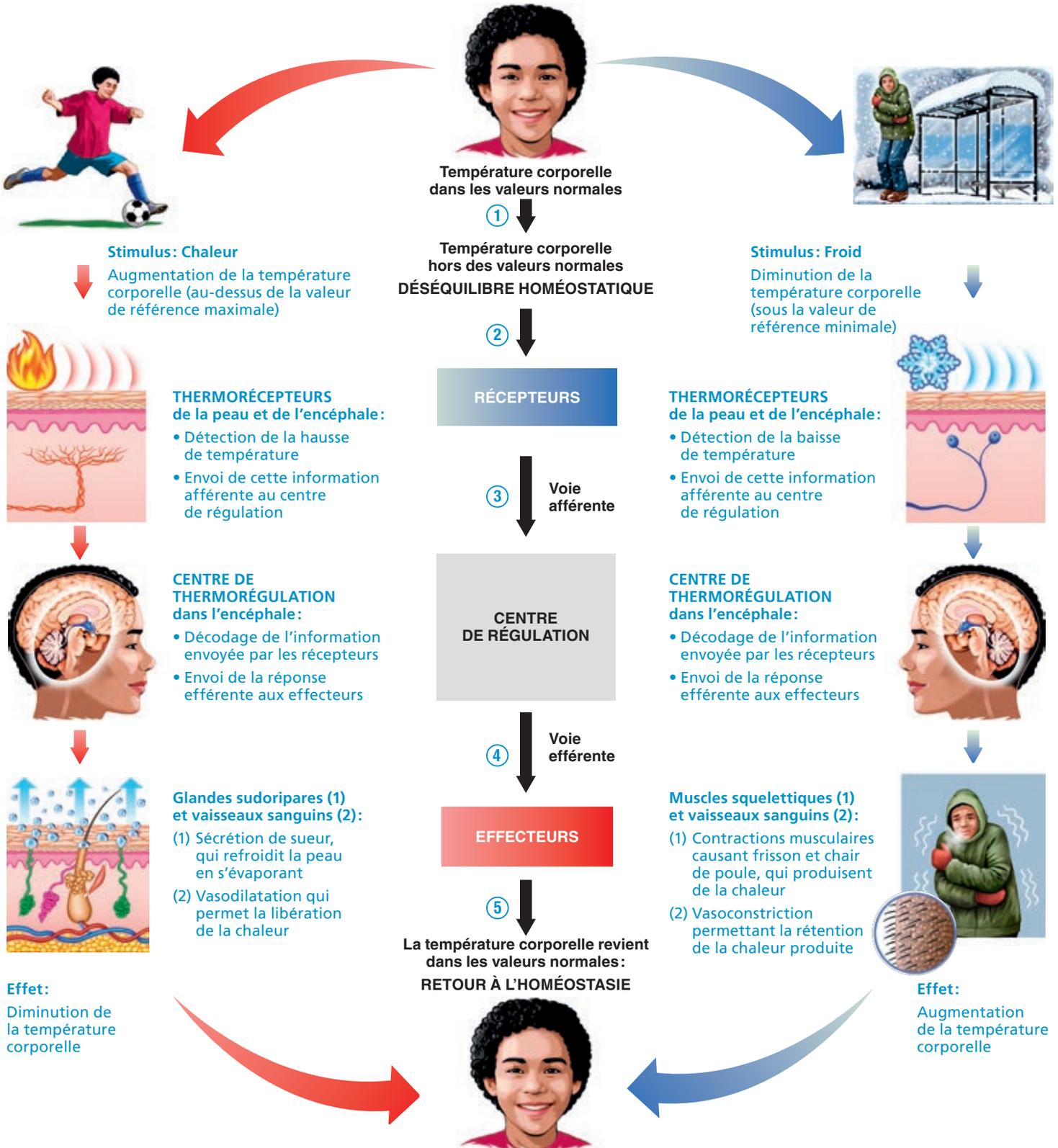
 Regardez l'animation.

 Réalisez l'activité.



Les mécanismes de rétro-inhibition et de rétroactivation permettent le maintien de l'homéostasie en régulant les variables corporelles internes par le biais de leurs trois composantes : le récepteur, le centre de régulation et l'effecteur.

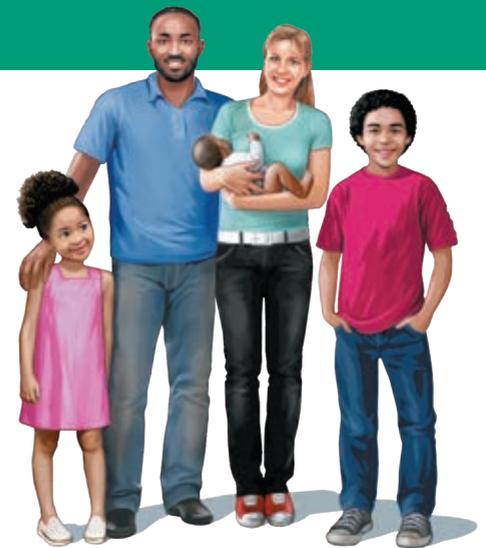
La régulation de la température corporelle se fait par des mécanismes de **rétro-inhibition**.



Les valeurs normales des variables de l'homéostasie varient selon plusieurs facteurs, dont l'âge, le sexe, l'hérédité, les habitudes de vie, etc.

Voici les membres de la famille Arsenault, présentés ci-contre. Au fil des chapitres, des scènes de leur vie quotidienne permettront d'illustrer les concepts suivants :

- La régulation homéostatique dans le système sur lequel porte le chapitre
- Les déséquilibres homéostatiques



1

La régulation de l'allaitement maternel est un mécanisme de rétroactivation.

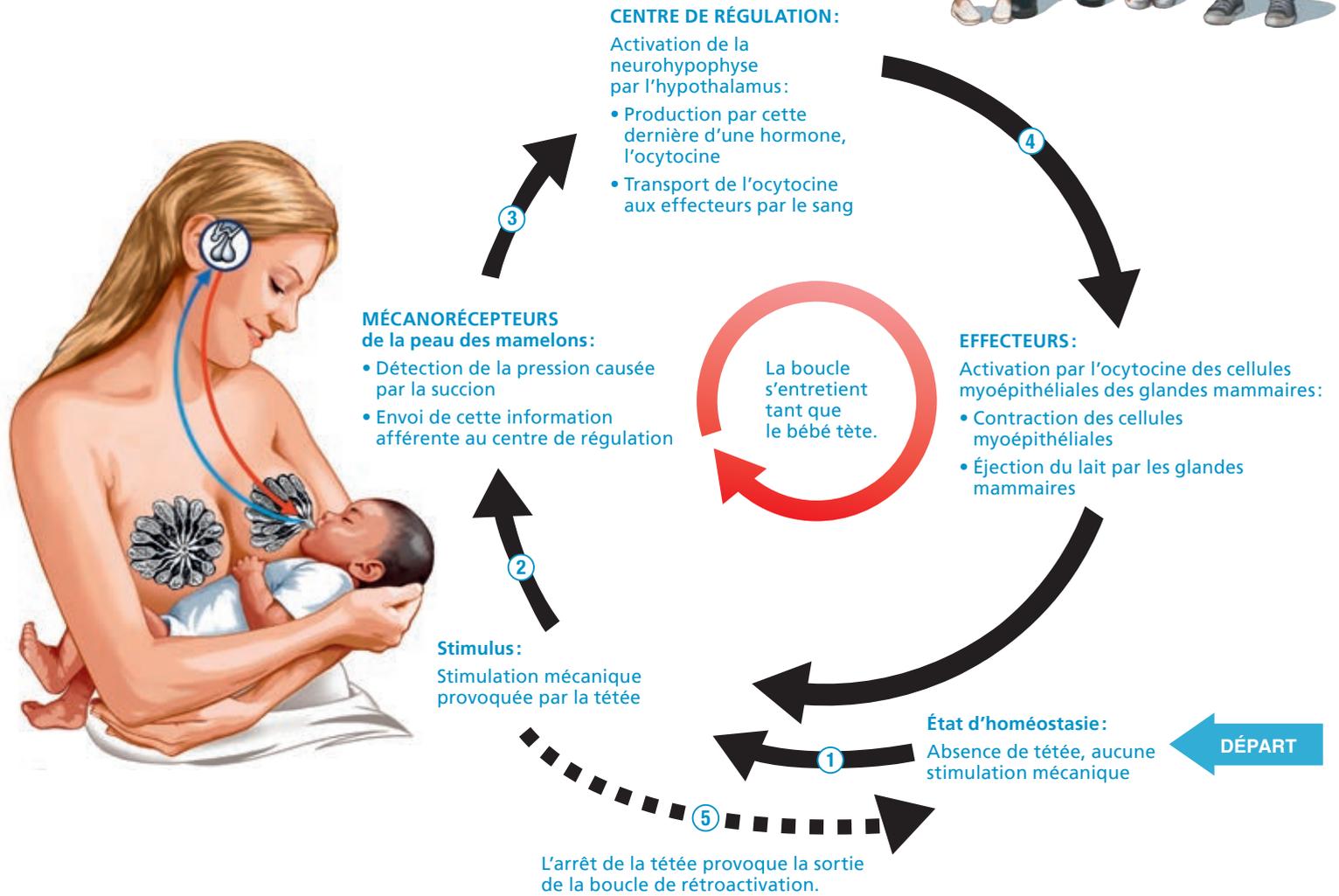


Tableau récapitulatif des mécanismes de régulation de l'homéostasie

TYPES DE MÉCANISMES	RÉTRO-INHIBITION	RÉTROACTIVATION
Stimulus	Provoque un écart (à la hausse ou à la baisse) d'une variable par rapport à sa fourchette de valeurs de référence.	Un phénomène physiologique inhabituel provoque une réponse initiale.
Réponse	S'effectue dans le sens opposé au stimulus initial pour ramener la variable à l'intérieur de sa fourchette de valeurs de référence.	Une boucle positive entretient et intensifie la réponse initiale tant que le stimulus est présent.
Processus visés	<ul style="list-style-type: none"> • Phénomènes fréquents • Ajustement continu 	<ul style="list-style-type: none"> • Phénomènes peu fréquents • Ajustement plus sporadique